



## **A4-151 Efecto de las transformaciones tecnológico-productivas de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba, en su agrobiodiversidad y eficiencia energética.**

Pietrarelli, Liliana; Leguia, Héctor; Luciana Fontanini

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba

[lipietra@agro.unc.edu.ar](mailto:lipietra@agro.unc.edu.ar)

### **Resumen**

El modelo de producción actual produjo cambios productivos-tecnológicos afectando la agrobiodiversidad y los mecanismos de regulación asociados. La respuesta tecnológica fue la incorporación de subsidios externos para suplir el funcionamiento de procesos ecológicos. Para evaluar este proceso se utilizaron indicadores: eficiencia energética y agrobiodiversidad. Se recabó información de sistemas agrícolas de la región central de Córdoba en tres momentos de los últimos 20 años. La diversificación productiva se trabajó a partir de índices de diversidad espacial. La eficiencia se calculó relacionando, el costo energético de las actividades e insumos aplicados y la energía obtenida como productos agropecuarios. Los índices de diversidad espacial y la eficiencia energética no variaron en forma significativa entre momentos. Sin embargo la energía consumida aumentó un 28% y se concentró principalmente en insumos como herbicidas y fertilizantes. La eficiencia energética de la soja no manifestó grandes cambios mientras que el maíz y sorgo disminuyeron la misma.

**Palabras clave:** indicadores agroambientales, diversidad productiva; consumo energético; producción energética; sustentabilidad.

**Abstract:** The current production model produced production-technological changes affecting agricultural biodiversity and associated regulatory mechanisms. The technological response was the incorporation of external subsidies to supplement the operation of ecological processes. Energy efficiency and agrobiodiversity were used as indicators to evaluate the process. Agricultural information systems of the central region of Córdoba were gathered at three points in the last 20 years. The diversification is worked from spatial diversity indices. The efficiency was calculated by relating, the energy cost of activities and inputs applied and obtained energy and agricultural products. Spatial diversity indices and energy efficiency did not vary significantly between moments. However energy consumption increased 28% and focused mainly on inputs such as herbicides and fertilizers. The energy efficiency of soybean did not show major changes while corn and sorghum decreased.

**Keywords:** agri-environmental indicators, productive diversity; energy consumption; energy production; sustainability

### **Introducción**

En Argentina, el modelo imperante de producción agroindustrial ha provocado sensibles cambios y modificaciones en los sistemas extensivos agropecuarios con algunos efectos ambientales y sociales negativos. Desde la región pampeana se difundieron y generalizaron paquetes tecnológicos (siembra directa, soja transgénica, herbicida glifosato) vinculados a la especialización e intensificación productiva; el uso intensivo de capital y la subordinación de la naturaleza a la lógica del mercado, con la consecuente degradación de los recursos naturales (Ottmann, et al., 2009).

En la provincia de Córdoba desde la década del noventa, este modelo de producción determinó transformaciones en la composición productiva y en el manejo de los sistemas, acentuando la agriculturización y sojización del territorio, e incorporando cambios en el manejo de suelos, de plagas e innovaciones biotecnológicas (Alessandria et al., 2001).

Este perfil productivo-tecnológico produjo una creciente simplificación de los agroecosistemas, afectando su biodiversidad, con pérdida de los mecanismos homeostáticos de regulación del flujo de energía, del ciclo de la materia y de poblaciones, sumado a problemas de degradación de suelos, contaminación del medio físico y biótico y expoliación continua de recursos. Ante estos efectos negativos, la respuesta del modelo dominante ha sido la incorporación creciente de insumos industriales y biotecnología, destinados a suplir el adecuado funcionamiento de los procesos ecológicos (Iermanó & Sarandón, 2009), que se tradujo en un alto consumo energético, tanto en forma directa, por el uso de combustibles e insumos derivados del petróleo, como en forma indirecta, por la energía implícita en la producción de agroquímicos, fertilizantes, maquinaria y semillas (Gliessman, 2001). Se genera entonces, una creciente dependencia de bienes, servicios e insumos externos, que significan un importante costo energético.

Temberg (1998) considera que el manejo de la agrobiodiversidad podría constituir una estrategia vinculada tanto a la disminución del uso de insumos industriales, como al aumento de la eficiencia energética, debido a que una mayor biodiversidad en el agroecosistema favorece la existencia de procesos ecológicos homeostáticos. En este marco, es importante considerar la proporción de la energía total necesaria (inputs) para reemplazar o subsidiar procesos ecológicos, como la regulación biótica o el ciclo de nutrientes dado que estos procesos tienen relación con la agrobiodiversidad.

En este trabajo se propuso evaluar los efectos de las transformaciones tecnológico-productivas de sistemas agrícolas de la región central de Córdoba, desde fines de la década del 90' a la actualidad, a través de la utilización de indicadores agroambientales ligados al uso de la energía y al diseño productivo. Estos permiten valorar los procesos claves que influyen en la condición ambiental de los sistemas y están íntimamente ligados a su sustentabilidad.

Se utilizó *la eficiencia energética*, como un indicador relacionado al uso de combustibles fósiles e insumos industriales (Pimentel et al., 1991) y como una variable sintética de la relación entre los aportes y la obtención de energía en forma de productos. El otro indicador utilizado fue *la diversificación productiva* como una medida de la agrobiodiversidad del sistema.

A partir de los mismos se pretende evaluar si la simplificación de la agrobiodiversidad de los sistemas productivos y la intensificación en el uso de insumos, se traduce en una disminución de su eficiencia energética.

El análisis de los cambios en las variables mencionadas en los últimos 20 años, constituye un aporte significativo para la valoración de la sustentabilidad de los sistemas de producción y para contar con fundamentos sólidos en la planificación de propuestas agroecológicas en procesos de transición, que apunten a un mejor uso de los recursos y que eviten el deterioro ambiental. Esto permite además identificar los diseños y manejos más sostenibles para los agrosistemas.

## Metodología

En este estudio se trabajó con 10 sistemas productivos agrícolas de la región central de Córdoba. La información se obtuvo mediante entrevistas semiestructuradas a productores que corresponden al tipo social *familiar capitalizado*. Los datos obtenidos corresponden a los ciclos productivos 1998-99, 2003-04 y 2012-13.

Se realizó una caracterización general del predio y del productor. Para cada campaña, se registró el uso del suelo (ocupación de cada lote) y en cada rubro agrícola implementado, el tipo, cantidad y procedencia de semilla utilizada; el sistema de labranza (tipo de implementos, época de uso y número de intervenciones); la utilización de insumos como fertilizantes, inoculantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas (producto, dosis y número de aplicaciones) y los resultados productivos (rendimientos).

A partir de la información recabada en los diferentes ciclos productivos se calcularon los indicadores agroambientales propuestos. La evaluación se realizó desde un enfoque diacrónico o temporal, asumiendo una perspectiva de procesos.

La diversificación productiva se trabajó a partir de índices de diversidad espacial (riqueza, diversidad y equitatividad).

La eficiencia energética total del sistema productivo de un año (energía producida /energía entregada, por sistema y por año), se calculó considerando el costo energético total de las distintas actividades e insumos aplicados y las unidades de energía obtenidas como productos agropecuarios destinados a la venta. Para cada cultivo utilizado en las diferentes campañas, se calculó también su eficiencia energética y se discriminó la energía involucrada en la regulación biótica (energía asociada al control de plagas y patógenos) y aquella orientada a subsidiar el ciclo de nutrientes (inoculación, fertilización, abonos).

Para calcular la eficiencia energética se convirtieron todas las entradas y salidas en unidades de energía equivalentes (Megajoules: MJ) por medio de valores de energía asociadas a los distintos insumos, productos y labores. Para esto se realizó una revisión pormenorizada de la bibliografía existente, debido a la gran variabilidad de los coeficientes energéticos empleados en las distintas publicaciones. Se evaluó en cada caso el valor del coeficiente más apropiado para el cálculo de ingresos y egresos de energía para cada rubro. Luego, en función de la participación proporcional de cada uno de los cultivos, se obtuvo el valor de energía utilizada y producida en cada sistema productivo analizado.

## Resultados y discusiones

### *Características generales de los sistemas productivos*

Las transformaciones ocurridas en los últimos años han profundizado en la zona central de Córdoba un fuerte proceso de sojización. Esto ha generado cambios estructurales con el crecimiento en la escala de trabajo de los sistemas productivos. Las estrategias para permanecer en la actividad, han sido principalmente el arrendamiento de tierra y la combinación de las actividades productivas con la prestación de servicios (contratista). Cobra importancia la contratación de mano de obra temporaria en épocas de mayor concentración de tareas (siembra y cosecha), así como la profesionalización de la agricultura a través de la demanda de asesoramiento técnico y administrativo-contable, ligada principalmente a las innovaciones tecnológicas y a la diversificación en las formas de comercialización. Otros de los efectos producidos son una disminución importante de la residencia rural con un proceso migratorio de las familias a localidades cercanas a las unidades productivas, y la desaparición de un número importante de productores que

abandonan la actividad. Se produce en algunos casos, un recambio generacional, los hijos asumen la responsabilidad del manejo tecnológico y administrativo de los sistemas productivos, con una tendencia general a asumir estrategias de tipo empresarial.

#### *Transformaciones en el uso de la tierra*

En el período considerado, uno de los rasgos distintivos fue la consolidación del proceso de sojización. El porcentaje de superficie ocupado con soja en cada predio fue del 60% en el M1 (campaña 98/99) y M2 (campaña 2003/04), pasando al 68% en el M3 (campaña 2012/13). El maíz pasa de un 19 a un 28% mientras que el sorgo disminuye su participación del 23 al 18%.

La *diversificación productiva* del sistema, fue representada a partir de algunas variables como la riqueza que expresa el número de especies implantadas en un momento determinado y la diversidad que hace referencia a la proporción en que se encuentran las diferentes especies (tabla 1).

**TABLA 1.** Valores promedios de Riqueza y Diversidad para los momentos 1,2 y 3.

Momentos	Riqueza	Diversidad
1	2,6	0,71
2	2,9	0,83
3	2,4	0,66

El número de especies cultivadas se mantuvo relativamente constante, predominando los sistemas productivos con una riqueza de 2. La diversidad promedio mayor se manifestó en el M2, debido al aumento de la proporción de superficie destinada a gramíneas estivales. La inclusión de maíz y sorgo en la secuencia de cultivos se realizó con el fin de aportar una mayor cobertura a los suelos, debido a su mayor volumen de rastrojos.

Los resultados en los índices utilizados, confirman que en estos últimos años se mantuvo la simplificación de la diversidad productiva de los sistemas, lo que afecta tanto la estructura y dinámica de los mismos, alterando los procesos biológicos que garantizan su estabilidad.

#### *Uso de energía*

Los resultados de la eficiencia energética (EE) total promedio de los sistemas productivos estudiados en cada período y de los cultivos principales se muestran en la tabla 2.

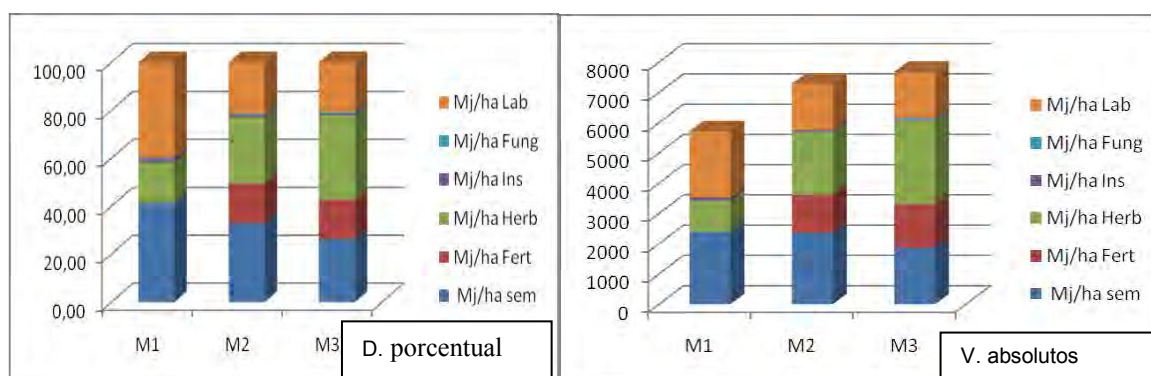
**TABLA 2.** Valores promedios de eficiencia energética (EE) total y de los cultivos de soja, maíz y sorgo en los diferentes momentos (Mj/ha).

Momentos	EE total (Mj/ha)	EE soja Mj/ha	EE Maíz Mj/ha	EE Sorgo Mj/ha	EE trigo Mj/ha
1	7,896	6,07	18,47	21,96	14,41
2	6,642	4,65	12,91	22,31	4,34
3	7,699	5,21	11,98	18,07	s/d

La EE total no muestra variaciones importantes entre períodos, aunque cada uno de los cultivos tiene rasgos particulares en su evolución. Las gramíneas muestran mayor EE que la

soja debido a su mayor producción energética, sin embargo para la campaña 2012/13 presentan valores menores de EE debido a una mayor utilización de insumos en su ciclo productivo.

Si se analiza la partición del uso de la energía en cada período (figura 1), se observa un aumento proporcional en la utilización de fertilizantes y herbicidas principalmente, y una disminución en la energía destinada a labores. Esto último se explica por la adopción generalizada de la siembra directa en el M2.

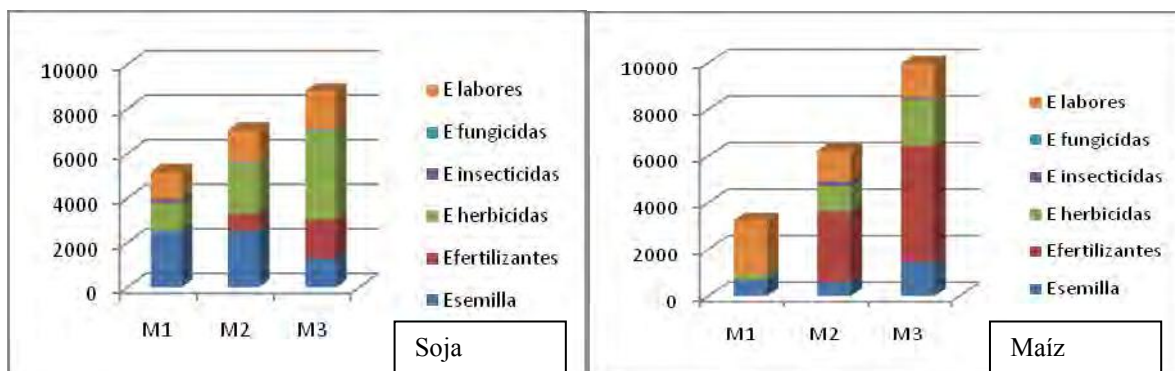


**FIGURA 1.** Distribución porcentual y valores absolutos del uso de energía en MJ/ha en labores, fungicidas, insecticidas, herbicidas, fertilizantes y semillas en M1,M2 y M3.

Los valores en MJ/ha de los diferentes insumos utilizados y labores realizadas en cada momento , nos permiten observar los cambios producidos. A nivel total se pasa en promedio de un consumo de 5700 a 7300 MJ/ha lo que representa un aumento del 28%. Los herbicidas son los que más contribuyen a este incremento (170%) debido al aumento de dosis, número de aplicaciones y a la mayor diversidad de productos utilizados para el control de malezas resistentes al glifosato. Los fertilizantes cobran importancia desde el M2, donde su uso para Maíz se convierte en una práctica habitual. En el caso de los insecticidas se produce una disminución de su valor en el cálculo energético de inputs debido a la utilización de maíces Bt y la aparición de productos con baja concentración de producto activo .Los fungicidas muestran un comportamiento similar a los insecticidas, y su incremento se explica por la mayor utilización de este insumo en el cultivo de soja para las llamadas enfermedades del final de ciclo y en el uso de curasemillas. La energía utilizada en labores en el M3, sufre una disminución del 30% en relación al M1 debido al sistema de siembra directa.

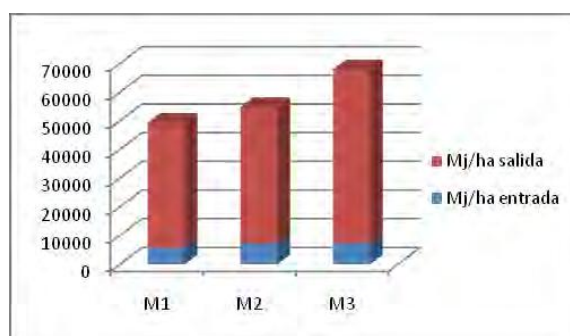
En soja se destaca el aumento principalmente en herbicidas y en segundo lugar los fertilizantes, mientras que en el maíz la contribución más importante es producto del uso de fertilizantes y de semillas (figura 2).





**FIGURA 2.** Valores absolutos en MJ/ha de la energía destinada a semilla, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas y labores en cada los momentos 1,2 y 3 para el cultivo de soja y de maíz.

La energía concentrada en los productos obtenidos y que salen del sistema productivo también sufrieron una variación importante que se traduce en un incremento del 39% en relación al primer período considerado (figura 3).



**FIGURA 3.** Relación de entradas y salidas de energía (productos) en MJ/ha en los momentos 1,2 y 3.

La producción de energía presenta en general un aumento debido a una mejora importante de los rendimientos, especialmente de maíz, producto de los avances genéticos para esta especie.

## Conclusiones

La eficiencia energética de sistemas agrícolas de la región central de Córdoba en los últimos 20 años muestra poca variación en sus valores al igual que la riqueza y diversidad productiva. Sin embargo hay un aumento de la energía producida y de la energía utilizada a través de insumos y labores, variando en los diferentes momentos la participación porcentual de los mismos. Los cambios más importantes son el aumento del consumo energético de herbicidas y fertilizantes y la disminución en labores. Los mayores rendimientos obtenidos se lograron con alto costo energético, lo que en un contexto de escasez de recursos energéticos, afecta la sustentabilidad de los sistemas productivos.



## Referencias bibliográficas

- Alessandria, E, H Leguía, L Pietrarelli, J Sánchez, S Luque, M Arborno & J Zamar (2001) La agrobiodiversidad en sistemas extensivos: el caso de Córdoba. LEISA. Revista de Agroecología 16, 10-11.
- Gliessman, S. (2001) A energética dos agroecossistemas. Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentável. Segunda Edición. Río Grande do Sul: Editora da Universidade, 2001. Cap.18: 509-538
- Iernano MJ & SJ Sarandón (2009) Análisis de la demanda de energía en tres cultivos oleaginosos de clima templado, según distintos procesos ecológicos. Libro de resúmenes del VI Congreso Brasileiro de Agroecología, II Congreso Latinoamericano de Agroecología, Curitiba, Brasil, 9-12 de noviembre de 2009
- Ottmann, G; D .Renzi ; A. Miretti y E Spiaggi.(2009) La sustentabilidad del modelo del desarrollo rural en la provincia de Santa Fe: determinación de indicadores para sistemas productivos de diferentes ecoregiones. X Simposio Internacional Y V Congreso Nacional De Agricultura Sostenible Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 9 al 14 de noviembre de 2009
- Pimentel D, Berardi G & Fast S (1991) Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. In: Organic Farming Current Technology, its Role in Sustainable Agriculture, ASA, USA, 1991. Special publication n.46, p.151-161
- Temberg, A , J. Ellis-Jones, R. Kiorne and M. Stocking, (1998) Applying the concepts of agrobiodiversity to indigenous soil and water conservation practices in eastern Kenya. en Agriculture, Ecosystems and Environment. 70: 259-27